

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-023123

(43)Date of publication of application : 23.01.2002

(51)Int.Cl. G02F 1/035
 G02B 6/12
 G02F 1/01
 G02F 1/125

(21)Application number : 2000-209725

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 11.07.2000

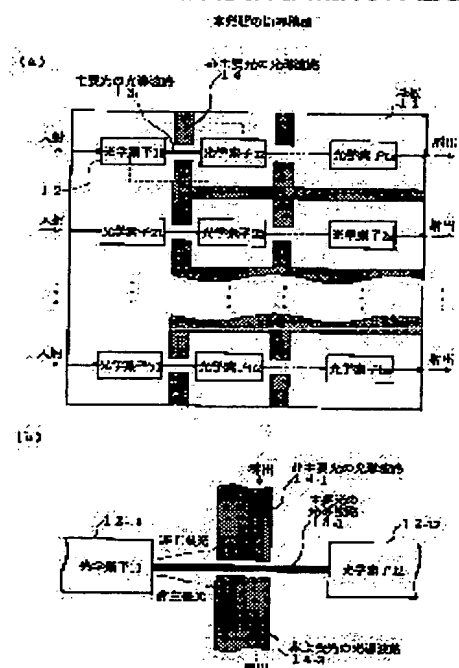
(72)Inventor : KUBOTA YOSHINOBU
 TANAKA TAKEHITO

(54) OPTICAL CIRCUIT PROVIDED WITH OPTICAL WAVEGUIDE FOR GUIDING MINOR LIGHT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical circuit provided with an optical waveguide for guiding minor light especially from optical elements with respect to the optical circuit formed of plural optical elements on a substrate.

SOLUTION: This optical circuit has a 1st optical waveguide 14 on the substrate where plural optical elements are formed, and the 1st optical waveguide 14 is configured so that at least one piece of the plural optical elements 12 guides minor light radiated or leaking from a 2nd optical guide 13 which guides major light to be adopted as output light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-23123

(P2002-23123A)

(43)公開日 平成14年1月23日(2002.1.23)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 2 F 1/035		G 0 2 F 1/035	2 H 0 4 7
G 0 2 B 6/12		1/01	C 2 H 0 7 9
G 0 2 F 1/01		1/125	
1/125		G 0 2 B 6/12	J

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-209725(P2000-209725)

(22)出願日 平成12年7月11日(2000.7.11)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 久保田 嘉伸

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 田中 剛人

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

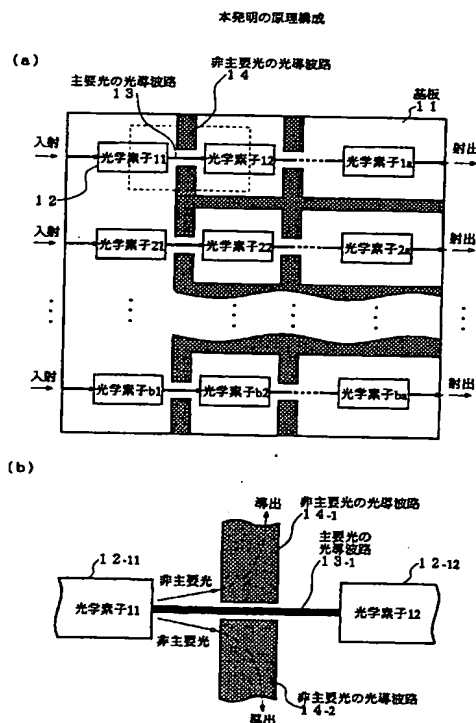
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 非主要光を導波する光導波路を備える光回路

(57)【要約】

【課題】本発明は、複数の光学素子を基板に形成した光回路に関し、特に、光学素子からの非主要光を導波する光導波路を設けた光回路に関する。

【解決手段】本発明の光回路は、複数の光学素子12が形成された基板11に第1光導波路14を備え、第1光導波路14は、複数の光学素子12の中の少なくとも1個の光学素子が出力光とすべき主要光を導波する第2光導波路13から放射されまたは漏洩する非主要光を導波するように構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の光学素子が形成された基板に第1光導波路を備え、

前記第1光導波路は、前記複数の光学素子の中の少なくとも1個の光学素子が出力光とすべき主要光を導波する第2光導波路から放射されまたは漏洩する非主要光を導波することを特徴とする光回路。

【請求項2】 前記複数の光学素子の少なくとも1個は、マッハツェンダ型の光学素子であることを特徴とする請求項1に記載の光回路。

【請求項3】 前記複数の光学素子の少なくとも2個は、縦続接続されることを特徴とする請求項1に記載の光回路。

【請求項4】 前記基板は、強誘電材料であることを特徴とする請求項1に記載の光回路。

【請求項5】 前記複数の光学素子の中の2個は、主要光を導波する光導波路の屈折率を変化させるための電極に所定の周期のクロック信号電圧を印加する第1マッハツェンダ型光変調部と、前記第1マッハツェンダ型光変調部に縦続接続され、主要光を導波する光導波路の屈折率を変化させるための電極に送信すべき情報によって変調された信号電圧を印加するマッハツェンダ型光変調部とであることを特徴とする請求項1に記載の光回路。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数の光学素子を基板に形成した光回路に関し、特に、光学素子から放射されまたは漏洩する非主要光を導波する光導波路を設けた光回路に関する。近年、通信技術の分野では、インターネットの急速な普及によるトラフィック量の激増に対応するため、超長距離通信と大容量通信とを可能とする光通信技術が鋭意に研究・開発されている。

【0002】

【従来の技術】 光通信技術では、レンズ、光分岐結合器、光合分波器、光スイッチ、光減衰器、光変調器、半導体レーザ光源および光フィルタなどの光学素子が利用される。光学素子は、光入力ポートから入射された入射光の状態に対して何らかの制御を行い、その制御された光を光出力ポートから射出させる素子である。この制御される光の状態としては、位相、光強度、波長、偏波がある。

【0003】 現在、システムの安定化およびコストダウンなどを図るため、各種の光学素子を一体化する研究・開発が進められ、この一体化技術として、導波路型光回路(PLC、planar lightwave circuit)などの光集積回路がある。一方、光変調器の1つとして、マッハツェンダ型(以下、「MZ型」と略記する。Mach-Zehnder interferometer type)光変調器がある。MZ型光変調器は、1つ光導波路がその中間部分を光分岐器で2つに分

岐され光結合器で再び1つに結合されるように構成されている。そして、MZ光変調器は、この中間部分におけるそれぞれの光導波路に電圧を印加することによって光学的距離の差を作ることができるようになっている。このMZ光変調器では、温度ドリフト、DCドリフトおよび応力等による経時変化により、印加電圧の動作点がシフトしてしまう。この対策として特開平10-228006号公報および特開平10-221664号公報などでは、動作点の制御は、主光信号を導波する光導波路から放射されまたは漏洩する光を監視(モニタ)することによって行われている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、光集積回路では、制御される主要光を導波する光導波路から主要光の一部が漏洩する場合がある。そして、光結合器の部分では、漏洩光の他に、光導波路が所定のモードのみを導波するように設計されるため、この所定のモードを除くモードの光が放射される場合がある。このような漏洩光や放射光は、基板内を迷走して他の光学素子における光導波路に雑音として混入してしまうという問題がある。

【0005】 特に、放射光や漏洩光をモニタして動作点を制御するMZ型光変調器では、MZ型光変調器の光結合部で放射されまたは漏洩する非主要光に、他の光結合器または他の光学素子における光結合部で放射されまたは漏洩する非主要光が雑音として混入してしまうため、適切に動作点を制御し難いという問題がある。そこで、本発明では、或る光学素子から放射されまたは漏洩する非主要光を、他の光学素子に影響を与えないように回避させる光回路を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 図1は、本発明の原理構成を示す図である。図1(a)は、その全体構成を示す図であり、図1(b)は、図1(a)における破線で囲まれた部分を示す部分拡大図である。図1において、複数の光学素子12が形成された基板11に第1光導波路14を備え、第1光導波路14は、複数の光学素子12の中の少なくとも1個の光学素子が出力光とすべき主要光を導波する第2光導波路13から放射されまたは漏洩する非主要光を導波することで達成される。

【0007】 なお、図1において、実線は、光学素子12によって光の状態が制御される主要光を導波する光導波路13を示し、網掛け部は、放射光や漏洩光などの、主要光を除いた光である非主要光を導波する光導波路14を示す。このような光回路では、或る光学素子12から射出される非主要光は、他の光学素子12に混入しないように、光導波路14によって回避させられる。例えば、基板11の外部に導出される。このため、非主要光は、他の光学素子12における主要光に雑音として干渉することがない。よって、光信号対雑音比を向上することができる。

【0008】そして、このような光回路では、或る光学素子 12 から射出される非主要光は、他の光学素子 12 から射出される非主要光に混入しないようにすることができる。このため、或る光学素子 12 から射出される非主要光は、他の光学素子 12 における非主要光に雑音として干渉することがない。よって、他の光学素子 12 が自身の射出する非主要光によって自身の動作状態を制御されるように構成されている場合でも、確実に制御することができる。

【0009】ここで、この非主要光を導波する光導波路 14 の一端は、基板 11 の外部側端面や基板表面（上面および下面の少なくとも一方の面）まで達するようにして、この非主要光を外部に導出することが好ましい。さらに、より確実に外部に導出する観点から、導出する面と逆の面に反射鏡や反射させるための回折格子（グレーティング）を形成することが好ましい。

【0010】例えば、光学素子 12-11 と光学素子 12-12 との間においてより具体的に説明する。光学素子 12-11 で光の状態を制御された主要光は、光導波路 13-1 を導波されて、光学素子 12-12 に入射される。一方、光学素子 12-11 から射出される非主要光は、光学素子 12-11 と光学素子 12-12 との間に形成された光導波路 14-1、14-2 に入射され、光導波路 14-1、14-2 によって導出される。このため、この非主要光は、光学素子 12-12 に達しないように回避される。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面に基づいて説明する。なお、各図において、同一の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

（本実施形態の構成）本実施形態は、本発明にかかる光変調器の実施形態である。

【0012】図 2 は、本実施形態の光変調器の構成を示す図である。なお、図 2（a）は、その全体構成を示し、図 2（b）は、非主光信号を導波する光導波路を除いた基板部分を示し、図 3（c）は、主光信号を導波する光導波路と非主光信号を導波する光導波路との基板部分を示す。

【0013】図 3 は、本実施形態の光変調器の各断面を示す図である。なお、図 3（a）は、図 2 に示す A-A' 断面を示し、図 3（b）は、図 2 に示す B-B' 断面を示し、図 3（c）は、図 2 に示す C-C' 断面を示し、図 3（d）は、図 2 に示す D-D' 断面を示す。図 4 は、マッハツェンダ型の光導波路における主信号光および放射光の説明図である。

【0014】図 2 および図 4 において、本実施形態の光変調器は、ニオブ酸リチウム（Z 板）の基板 31 に主光信号を導波する光導波路 32 が形成される。光導波路 32 は、その中間部分の 3 箇所 MZ 型に形成される。この MZ 型光導波路 32 は、それぞれの箇所で、図 4 に示

すように入射光導波路 32a、射出光導波路 32b および中間光導波路 32c、32d からなり、中間光導波路 32c、32d は、入射光導波路 32a と射出光導波路 32b との間に Y 字状分岐部 R1 および Y 字状結合部 R2 を介して互いに平行に接続される。

【0015】中間導波路 32c、32d の中の一方の上部に進行波電極 33 が形成され、他方の上部に接地電極 34 が形成される。3 箇所形成された MZ 型の光学素子は、入射側から第 1 の箇所が可変光減衰部 21 に割り当てられ、第 2 の箇所が第 1 光変調部 22 に割り当てられ、第 3 の箇所が第 2 光変調部 23 に割り当てられる。

【0016】可変光減衰部 21 における進行波電極 33-1 の一端は、可変電圧源 41 を介して接地され、他端は、並列接続された抵抗器 42 とコンデンサ 43 とを介して接地される。第 1 光変調部 22 における進行波電極 33-2 の一端は、クロック信号を供給する信号源 44 を介して接地され、他端は、並列接続された抵抗器 45 とコンデンサ 46 とを介して接地される。

【0017】第 2 光変調部 23 における進行波電極 33-3 の一端は、伝送すべき情報で変調された信号を供給する信号源 47 を介して接地され、他端は、並列接続された抵抗器 48 とコンデンサ 49 とを介して接地される。これら可変電圧源 41 および信号源 44、47 は、信号制御回路 24 によってそれぞれ制御される。

【0018】各部の接地電極 33-1、33-2、33-3 は、それぞれ接地される（不図示）。そして、基板 31 には、略上面矩形状の光導波路 35-1、35-2 が、第 2 光変調部 23 における射出光導波路 32b-3 の両側にそれぞれ矩形状の 1 辺が平行になるように形成され、この光導波路 35-1、35-2 は、第 2 光変調部 23 における Y 字状結合部 R2-3 から放射される漏洩光および放射光を導波する。

【0019】なお、この光導波路 35-1、35-2 は、特開平 10-228006 号公報および特開平 10-221664 号公報に開示されているように、例えば、上面長方形形状や基板 31 の端面に向かうに従って徐々に幅が狭くなる上面台形状に形成される。光導波路 35-1、35-2 に導波された漏洩光および放射光は、光電効果を利用した受光部 25 に入射され、その光強度が検出される。この受光部 25 として、例えば、フォトダイオードを利用することができる。検出された出力は、信号制御回路 24 に入力される。信号制御回路 24 は、この受光部 25 の出力に基づき、第 2 光変調部 23 の動作点が最適化される。

【0020】一方、基板 31 には、図 2（a）および（c）に示すように、非主光信号を導波する光導波路 36-1、36-2 が形成される。この光導波路 36-1、36-2 は、可変光減衰部 21 と第 1 光変調部 22 との間では、可変光減衰部 21 における Y 字状光結合部 R2-1 の後方に、可変光減衰部 21 の射出光導波路 32b-1 およ

び第1光変調部22の入射光導波路32a-2と略平行になるようにその両側にそれぞれ形成される。断面形状は、図3(a)である。そして、光導波路36-1、36-2は、第1光変調部22では、そのY字状光分岐部R1-2および第1光変調部22の中間光導波路32c-2、32d-2に略平行になるように形成され、Y字状光結合部R2-2までそのまま延長される。断面形状は、図3

(b)、(c)である。光導波路36-1、36-2は、第1光変調部22と第1光変調部23との間では、第1光変調部22の射出光導波路32b-2および第2光変調部22の入射光導波路32a-3と略平行になるように形成される。さらに、光導波路36-1、36-2は、第2光変調部23では、そのY字状光分岐部R1-3および第2光変調部23の中間光導波路32c-3、32d-3に略平行になるように形成され、基板31の射出側端面までそのまま延長される。断面形状は、図3(d)である。

【0021】そして、光導波路32と光導波路36との間隔は、これら光導波路間の結合を防止することができるよう十分な間隔に設計される。ここで、この非主光信号は、主に漏洩光および放射光であるが、放射光の生成について説明する。図4において、(a)は、進行波電極33に電圧を印加しない場合(接地電極と同電位の場合)の光の伝播の様子を示し、(b)は、進行波電極33に電圧を印加した場合の光の伝播の様子を示す。そして、(c)は、主信号光と放射光との関係を示す。また、図4(a)および(b)において、入射光導波路32a、射出導波路32b、および中間光導波路32c、32bの伝播モードが波形状で図示されている。そして、光導波路32は、所定のモードのみを伝播するように設計・製造される。図4(c)の横軸は、駆動電圧を示し、その縦軸は、出力光強度を示す。

【0022】図4(a)において、所定のモードの入射光は、MZ型の入射光導波路32aに入射されると、Y字状光分岐部R1で分岐されて中間光導波路32c、32dに入射され、中間光導波路32c、32dを入力モードと同じモードでそれぞれ伝播した後に、Y字状光結合部R2においてこれらの光が合波されて、射出光導波路32bへ射出される。この際に合波された光は、入力モードと同じモードになるため、射出光導波路32bを伝播する。

【0023】一方、図4(b)において、所定のモードの入射光は、MZ型の入射光導波路32aに入射されると、Y字状光分岐部R1で分岐されて中間光導波路32c、32dに入射されるが、この場合においては、進行波電極33に電圧が印加されるため、中間光導波路32c、32dの屈折率が変化するので、光の伝播速度が変化する。この結果、中間光導波路32c、32dを伝播する光に位相差が生じ、Y字状光結合部R2においてこれらの位相の異なる光が合波されて、射出光導波路32bへ射出される。この際に合波された光は、位相が異な

るため入力モードと異なるモードになるため、射出光導波路32bを伝播することができなくなり、基板31の内部に放射光として放射されることになる。

【0024】したがって、主光信号(実線)と放射光(破線)とは、図4(c)に示すように、互いに位相が反転した関係にある。なお、第1光変調部22および第2光変調部23は、電極に印加される電圧によって電気光学効果を生じさせて屈折率を変化させるが、可変光減衰部21は、電極に印加される電圧によって熱光学効果を生じさせて屈折率を変化させる。

【0025】また、漏洩光は、このような光導波路32で主信号光がわずかに基板31の内部に漏洩する光である。主にY字状光結合部R2で漏洩する。次に、第2光変調部23の動作点シフトについて説明する。図5は、マッハツェンダ型光変調部の入出力特性と動作点シフトとの関係を示す図である。

【0026】図5において、①は、動作点シフトが発生する前の特性を示し、②は、動作点シフトが発生した場合の特性を示す。MZ型の第2光変調部23では、図5に示すように、駆動電圧の変化に対して出力光強度は、周期的に変化する。よって、入力信号の論理値(L0、Hi)に対応して出力光強度の上下の各尖頭値が得られる駆動電圧V1、V2を割り当てることにより、2値変調を行うことができる。

【0027】ここで、破線で示すように動作点シフトが発生した場合にも、駆動電圧V1、V2が一定であると、第2光変調部23から出力される光信号出力は、入出力特性の周期性により、図5に示すように、シフトした電圧dVだけその消光比が劣化する。よって、動作点シフトが発生した場合には、駆動電圧V1、V2をそれぞれ(V1+dV)および(V2+dV)として動作点を制御すればよい。

【0028】そして、上述したように、主光信号と放射光とは、図4(c)に示すように、互いに位相が反転した関係にあるから、放射光は、動作点シフトの情報を含めた主光信号の情報を持っていることになる。このため、第2光変調部23のY字状光結合部R2-3から放射される漏洩光および放射光とを受光部25でモニターすることにより、信号制御回路24は、動作点を制御することができる。

【0029】(光変調器の製造工程)次に、本実施形態における光変調器の製造工程について説明する。図6は、本実施形態の光変調器における光導波路の製造工程を示す図である。なお、図6は、図2(a)のA-A'断面の基板31および光導波路32、36に相当する。

【0030】まず、強誘電材料であるニオブ酸リチウム(Z板)の基板31が用意され、チタン102が、その基板の表面に真空蒸着法により厚さ1000オングストロームで膜状に堆積される(図6(a))。次に、膜状のチタン102の表面にフォトリソ103が被覆さ

れ(図6(b))、光導波路とする部分を残してフォトリソが取り除かれる(図6(c))。

【0031】次に、不要なチタン102をエッチングにより除去し(図6(d))、フォトリソを除去する。このように標準的なフォトリソグラフィおよび微細加工によって、チタン102-1が、主光信号を導波する光導波路32となる部分に対応する基板31の表面上に残れされるように、チタン102-2が、漏洩光と放射光とを導波する光導波路36となる部分に対応する基板31の表面上に残れされるように、および、チタンが動作点シフト制御用の漏洩光と放射光とを導波する光導波路35となる部分に対応する基板31の表面上に残れされるように(図6に不図示)、パターン化される(図6(e))。

【0032】次に、これを1050℃の高温酸素中(wet O_2)に約10時間おくチタン拡散処理によって、チタン102を基板31に拡散させニオブ酸リチウムよりも屈折率の大きい領域を形成して、光導波路32、35、36を形成する(図6(f)、光導波路35は不図示)。このような製造工程では、すべての光導波路32、35、36を同一工程で製造することができるという利点がある。

【0033】次に、アルミニウム(Al)や金(Au)などの電極となる金属を真空蒸着し、標準的なフォトリソグラフィおよび微細加工によってこの金属をパターン化して、進行波電極33および接地電極34を形成する。なお、進行波電極33および接地電極34による主光信号の吸収を小さくする観点から、光導波路32と進行波電極33および接地電極34との間には、二酸化ケイ素(SiO_2)などの薄膜層を形成することが好ましい。

【0034】(本実施形態の作用効果)半導体レーザなどから射出されたレーザ光は、可変光減衰部21の入射光導波路32a-1に入射される。可変光減衰部21において、入射されたレーザ光は、Y字状光分岐部R1-1で分岐され、それぞれ中間光導波路32c-1、32d-1を伝播し、Y字状光結合部R2-1で合波される。この際に、進行波電極33-1に印加された電圧に応じて中間光導波路32c-1に熱が加えられ、中間光導波路32c-1、32d-1間に温度差が生じる。この温度差に応じて中間光導波路32c-1、32d-1間に光学的距離の差が生じ、射出光導波路32d-1から射出されるレーザ光は、所定の減衰量で光強度が減衰される。この減衰量は、信号制御回路24によって制御される。

【0035】この可変光減衰部21のY字状光結合部R2-1で合波される際に、漏洩光および放射光が生じたとしても、これら漏洩光および放射光は、射出光導波路32d-1の両側に設けられた光導波路36-1、36-2に入射され、基板31の外部に導出される。このため、可変光減衰部21から放射された漏洩光および放射光は、第

1光変調部22に混入・干渉することがない。

【0036】所定の光強度に調整されたレーザ光は、可変光減衰部21の射出光導波路32b-1から第1光変調部22の入射光導波路32a-2へ伝播される。第1光変調部22において、レーザ光は、Y字状光分岐部R1-2で分岐され、それぞれ中間光導波路32c-2、32d-2を伝播し、Y字状光結合部R2-2で合波される。この際に、進行波電極33-1に印加された電圧に応じて中間光導波路32c-2に電気光学効果により屈折率が変化し、中間光導波路32c-2、32d-2のそれぞれを伝播するレーザ光に位相差が生じる。印加される電圧は、所定の周期のクロックで変化するので、レーザ光は、このクロック周期でオン・オフする。

【0037】この第1光変調部22のY字状光結合部R2-2において、図4を用いて説明したように漏洩光および放射光が生じたとしても、これら漏洩光および放射光は、射出光導波路32d-2の両側に設けられた光導波路36-1、36-2に入射され、基板31の外部に導出される。このため、第1光変調部22から放射された漏洩光および放射光は、第2光変調部23に混入・干渉することがない。

【0038】所定のクロック周期に変調されたレーザ光は、第1光変調部22の射出光導波路32b-2から第2光変調部23の入射光導波路32a-3へ伝播される。第2光変調部23において、レーザ光は、Y字状光分岐部R1-3で分岐され、それぞれ中間光導波路32c-3、32d-3を伝播し、Y字状光結合部R2-3で合波される。この際に、進行波電極33-1に印加された電圧に応じて中間光導波路32c-3に電気光学効果により屈折率が変化し、中間光導波路32c-3、32d-3のそれぞれを伝播するレーザ光に位相差が生じる。印加される電圧は、送出すべき情報に応じて変調されているので、レーザ光は、この変調に応じてオン・オフする。

【0039】この第2光変調部23のY字状光結合部R2-3において、漏洩光および放射光は、射出光導波路32d-3の両側に設けられた光導波路35-1、35-2に入射される。そして、この漏洩光および放射光は、基板31の側面から受光部25に入射され、第2光変調部23の動作点を制御するために利用される。この場合に、可変光減衰部21および第1光変調部22から放射された漏洩光および放射光は、第2光変調部23に混入・干渉することがないので、動作点を確実に制御することができる。

【0040】レーザ光は、このように可変光減衰部21で所定の光強度に調整され、第1光変調部22および第2光変調部23によってRZ(return-zero)光信号に変調され、光変調器から出力される。出力されたRZ光信号は、レンズを介して伝送用の光ファイバに入射される。このように、本実施形態の光変調器は、可変光減衰部21、第1光変調部22および第2光変調部23を同

一基板 31 上に形成するが、可変光減衰部 21 から放射される漏洩光および放射光を導出する専用の光導波路 36 を形成するので、可変光減衰部 21 の漏洩光や放射光を第 1 光変調部 22 および第 2 光変調部 23 に影響を与えないように回避させることができる。そして、光導波路 36 は、第 1 光変調部 22 から放射される漏洩光および放射光をも導出するので、可変光減衰部 21 および第 1 光変調部 22 の漏洩光や放射光を第 2 光変調部 23 に影響を与えないように回避させることができる。さらに、回避されるので、受光部 25 は、第 2 光変調部 23 からの漏洩光および放射光を受光することができるから、信号制御回路 24 は、第 2 光変調部 23 の動作点を最適に保持することができる。

【0041】(数値例) 図 7 は、本発明にかかる光導波路の全体構成および Y 字状結合部 R2 から Y 字状分岐部 R1 までの部分拡大の図である。図 7 (a) は、図 2 (c) と同じ図であり、主要光を導波する光導波路 32 と非主要光を導波する光導波路との基板部分である。図 7 (b) は、図 7 (a) の破線で囲った部分の部分拡大図である。そして、図 7 (c) は、光導波路 32 と光導波路 36 との間隔を徐々に広げる場合を示した部分拡大図である。

【0042】Y 字状分岐部 R1 の分岐角および Y 字状結合部 R2 の結合角は、ともに約 1 度である。可変光減衰部 21 の Y 字状結合部 R2-1 から第 1 光変調部 22 の Y 字状分岐部 R1-2 までの間隔、および、第 1 光変調部 22 の Y 字状結合部 R2-2 から第 2 光変調部 23 の Y 字状分岐部 R1-3 までの間隔は、ともに約 4 ~ 10 mm である。そして、可変光減衰部 21、第 1 光変調部 22 および第 2 光変調部 23 のそれぞれにおいて、Y 字状分岐部 R1 から Y 字状結合部 R2 までの間隔は、約 25 ~ 40 mm である。光導波路 32 は、モードフィールドとして約 5 μ m ~ 10 μ m である。

【0043】このような場合に、光導波路 32 と光導波路 36 との間隔は、これら光導波路間の結合を防止するために、約 8 μ m に設計された。この場合では、第 2 光変調部 23 の動作点シフトを制御するために利用される受光部 25 の出力は、信号対雑音比で理論上 2 倍改善される効果がある。なお、光導波路 32 と光導波路 36 との結合をより抑制する観点から、図 7 (c) に示すように、光導波路 36 は、光導波路 32 と平行に形成しないで、その間隔を徐々に広げるように形成してもよい (W1 < W2)。

【0044】(光導波路 36 のパターン例) 次に、光導波路 36 の他のパターンの例について説明する。図 8 は、本発明にかかる光導波路の他のパターンの例を示す図である。

【0045】本実施形態では、漏洩光および放射光を導波する光導波路は、図 2 に示すように、可変光減衰部 21 の漏洩光および放射光を導波するための光導波路と第

1 光変調部 22 の漏洩光および放射光を導波するための光導波路とを一体的形成して、上面が面状である光導波路 36-1、36-2 を形成したが、図 8 (a) に示すように、可変光減衰部 21 の漏洩光および放射光を導波するための光導波路 36-3、36-4 と第 1 光変調部 22 の漏洩光および放射光を導波するための光導波路 36-5、36-6 と分離してもよい。

【0046】また、Y 字状光結合部 R2 から放射される漏洩光および放射光は、実験観察すると主に中間光導波路 32c、32d における Y 字状部の延長線 (図 8 (b) に破線で示す) 上に伝播することが分かるので、図 8 (b) に示すように、漏洩光および放射光を導波する光導波路は、この延長線上に、上面が帯状である光導波路 36-7、36-8、36-9、36-10 を形成してもよい。

【0047】本発明にかかる光導波路は、前段の光学素子から放射される漏洩光および放射光が次段の光学素子に混入して主光信号に干渉することを防止すればよい。よって、図 8 (c) に示すように、第 1 光変調部 22 に対しては、可変光減衰部 21 の Y 字状光分岐部 R2-1 から可変光減衰部 21 の射出光導波路 32d の両側に、上面が線状である光導波路 36-11、36-12 を形成し、第 1 光変調部 22 の入射光導波路 32a から Y 字状光分岐部 R1-2 にかけて徐々にこの入射光導波路 32a から離れるように形成し、第 1 光変調部 22 の主光信号に混入・干渉しないように漏洩光および放射光を導出してもよい。同様に、第 2 光変調部 23 に対しては、第 1 光変調部 22 の Y 字状光分岐部 R2-2 から第 1 光変調部 22 の射出光導波路 32d の両側に、上面が線状である光導波路 36-13、36-14 を形成し、第 2 光変調部 23 の入射光導波路 32a から Y 字状光分岐部 R1-3 にかけて徐々にこの入射光導波路 32a から離れるように形成し、第 2 光変調部 23 の主光信号に混入・干渉しないように漏洩光および放射光を導出してもよい。

【0048】さらに、可変光減衰部 21、第 1 光変調部 22 および第 2 光変調部 23 からなる RZ 信号を生成する光変調器がアレイ状に 2 個形成される場合には、図 8 (d) に示すように光導波路 36-15、36-16 を形成すればよい。なお、このような場合に、光導波路 36-19 の一端が、途中で光学素子が存在するなどのために、基板 31 の一側面に達することができない場合には、光導波路 36-19 の一面表面を基板 31 表面 (上面および下面の少なくとも一方の面) まで達するようにして、この非主要光を外部に導出するようにすればよい。さらに、より確実に外部に導出する観点から、導出する面と逆の面に反射鏡や反射させるための回折格子 (グレーティング) を形成することが好ましい。

【0049】なお、本実施形態では、ニオブ酸リチウムの場合について説明したが、これに限定されるものではない。ニオブ酸リチウムは、大きな電気光学効果、非線

形光学効果、圧電効果を示す強誘電性酸素 8 面体型酸化物であり、光変調器、光スイッチ、可変光減衰器、弾性表面波フィルタなどに応用され、光集積回路の基板として用いられる化合物である。このような化合物として、例えば、ニオブ酸タンタルなども使用することができ、材料に合わせて光導波路を形成させるために拡散させる金属が選択される。

【0050】また、例えば、基板としてシリコン (Si) や酸化シリコン (SiO_2) の基板を用いてこの基板に石英系ガラスの光導波路を形成してもよい。この石英系ガラスの光導波路の製造は、種々の方法が一般に知られているが、その製造工程を概説すると以下のようである。まず、シリコン基板に下部クラッド層とコア層となる石英系のガラス膜を形成する。この形成法には、例えば、石英ガラスの原料である SiCl_4 とドーパントの GeCl_4 とを散水素火炎中で加水分解させて SiO_2 - GeO_2 のガラスを堆積させる火炎堆積法 (FHD、flame hydrolysis deposition) および、原料の SiH_4 を所定の温度に保った基板の周囲に流してガラスを堆積させる化学気相堆積法 (CVD、chemical vapor deposition) などが知られている。

【0051】その後、標準的なフォトリソグラフィ、および RIE などの微細加工によってコア層を加工して光導波路が形成される。最後に、FHD や CVD などによって上部クラッド層を形成する。さらに、本実施形態では、基板 31 上に形成される光学素子が可変光減衰部 21 および光変調部 22、23 の場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、音響光学効果を利用した可変波長選択光フィルタ (AOTF、acousto-optic tunable filter) でもよい。このように強誘電材料に電圧を印加して光の状態を制御する光学素子に本発明を適用することができる。

【0052】以上の記載から下記の発明が主に開示された。

(付記 1) 複数の光学素子が形成された基板に第 1 光導波路を備え、前記第 1 光導波路は、前記複数の光学素子の中の少なくとも 1 個の光学素子が出力光とすべき主要光を導波する第 2 光導波路から放射されまたは漏洩する非主要光を導波することを特徴とする光回路。

【0053】(付記 2) 前記複数の光学素子の少なくとも 1 個は、マッハツェンダ型の光学素子であることを特徴とする付記 1 に記載の光回路。

(付記 3) 前記複数の光学素子の少なくとも 1 個は、マッハツェンダ型光変調器であることを特徴とする付記 1 に記載の光回路。

【0054】(付記 4) 前記複数の光学素子の少なくとも 2 個は、縦続接続されることを特徴とする付記 1 に記載の光回路。

(付記 5) 前記基板は、強誘電材料であることを特徴とする付記 1 に記載の光回路。

(付記 6) 前記基板は、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3) であることを特徴とする付記 1 に記載の光回路。

【0055】(付記 7) 前記複数の光学素子の中の 2 個は、主要光を導波する光導波路の屈折率を変化させるための電極に所定の周期のクロック信号電圧を印加する第 1 マッハツェンダ型光変調部と、前記第 1 マッハツェンダ型光変調部に縦続接続され、主要光を導波する光導波路の屈折率を変化させるための電極に送信すべき情報によって変調された信号電圧を印加するマッハツェンダ型光変調部とであることを特徴とする付記 1 に記載の光回路。

【0056】(付記 8) 前記主要光は、光強度を減衰するとともに減衰量を変更することができる可変光減衰部を介して前記第 1 マッハツェンダ型光変調部に入射されることを特徴とする付記 7 に記載の光回路。

【0057】

【発明の効果】以上のように、本発明にかかる光回路は、複数の光学素子を同一基板上に形成した場合でも、或る光学素子から放射される漏洩光および放射光を導出する専用の光導波路を形成するので、これら漏洩光や放射光を他の光学素子に影響を与えないように回避させることができる。

【0058】特に、他の光学素子が自身の漏洩光または放射光を利用して自身の動作を制御している場合、例えば、自身の動作点シフトを制御している場合でも、自身の漏洩光および放射光に不要な光が本発明にかかる光導波路によって混入・干渉することがないので、確実にその自身の動作を制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の原理構成を示す図である。

【図 2】本実施形態の光変調器の構成を示す図である。

【図 3】本実施形態の光変調器の各断面を示す図である。

【図 4】MZ 型の光導波路における主信号光および放射光の説明図である。

【図 5】MZ 型光変調部の入出力特性と動作点シフトとの関係を示す図である。

【図 6】本実施形態の光変調器における光導波路の製造工程を示す図である。

【図 7】本発明にかかる光導波路の全体構成および Y 字状結合部 R2 から Y 字状分岐部 R1 までの部分拡大の図である。

【図 8】本発明にかかる光導波路の他のパターンの例を示す図である。

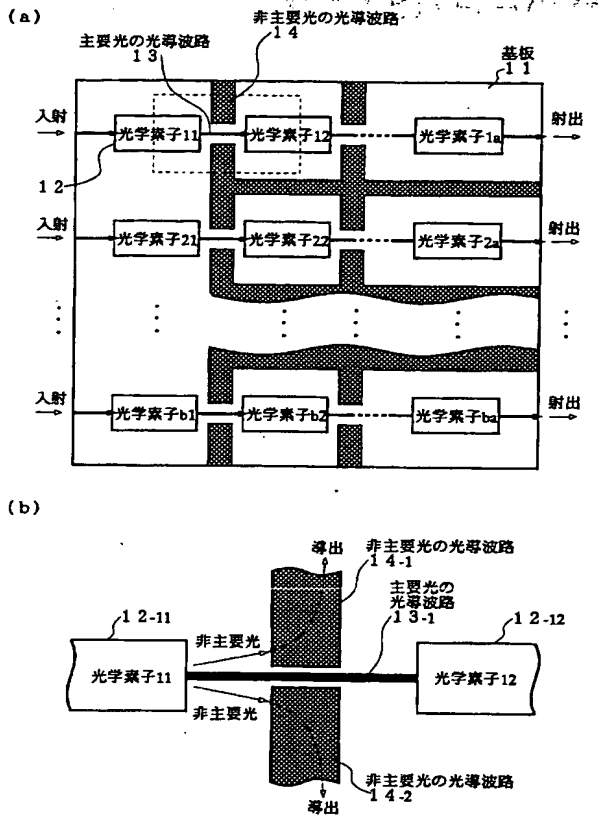
【符号の説明】

- 11 基板
- 12 光学素子
- 13 主要光の光導波路
- 14 非主要光の光導波路
- 21 可変光減衰部

2 2 第 1 光変調部
2 3 第 2 光変調部
2 4 信号制御回路

【図 1】

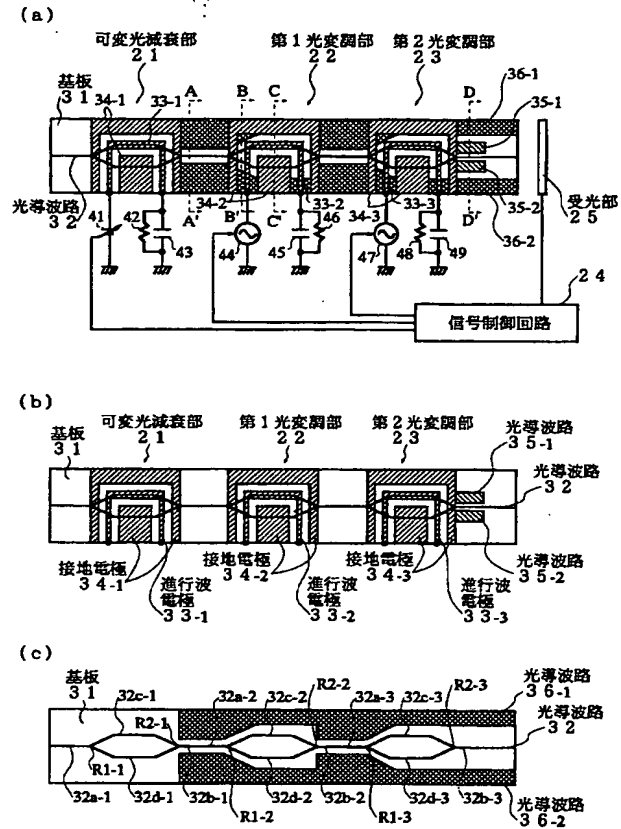
本発明の原理構成



2 5 受光部
3 1 基板
3 2、3 5、3 6 光導波路

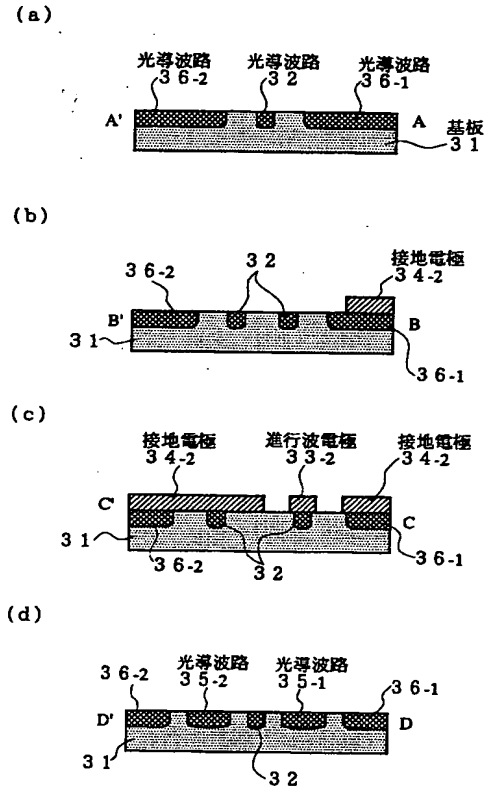
【図 2】

本実施形態の光変調器の構成



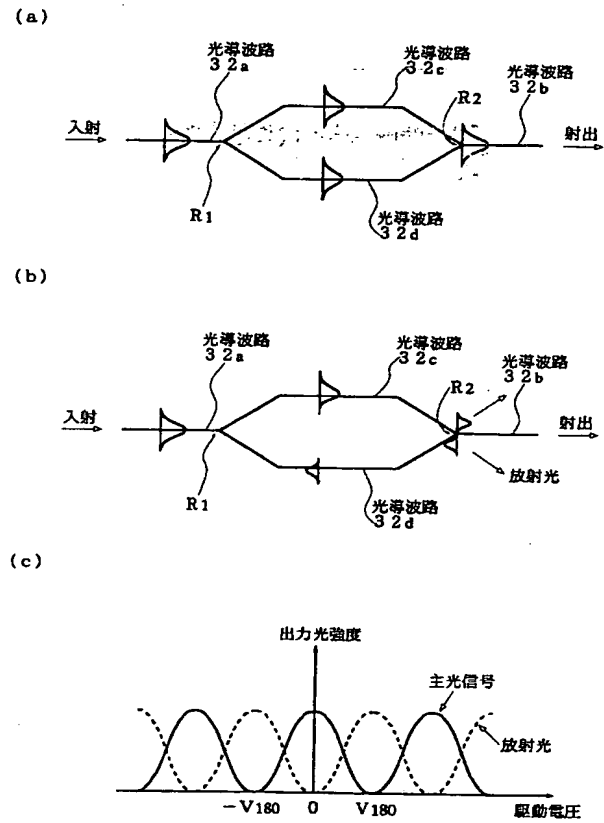
【図3】

本実施形態の光変調器の各断面図



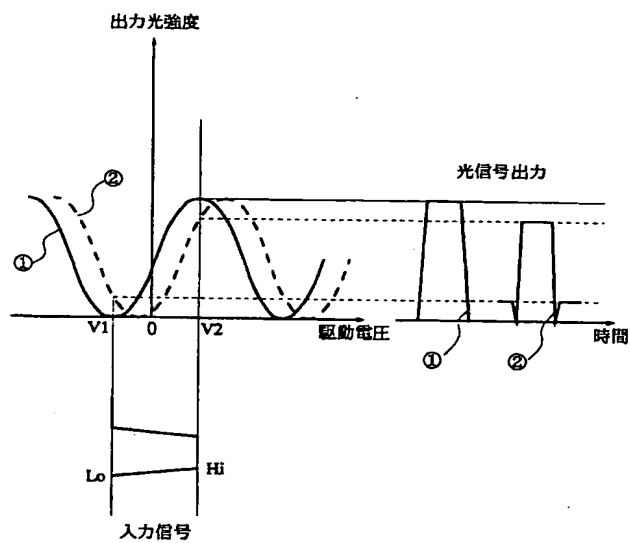
【図4】

マッハツェンダ型的光導波路における主光信号および放射光の説明図



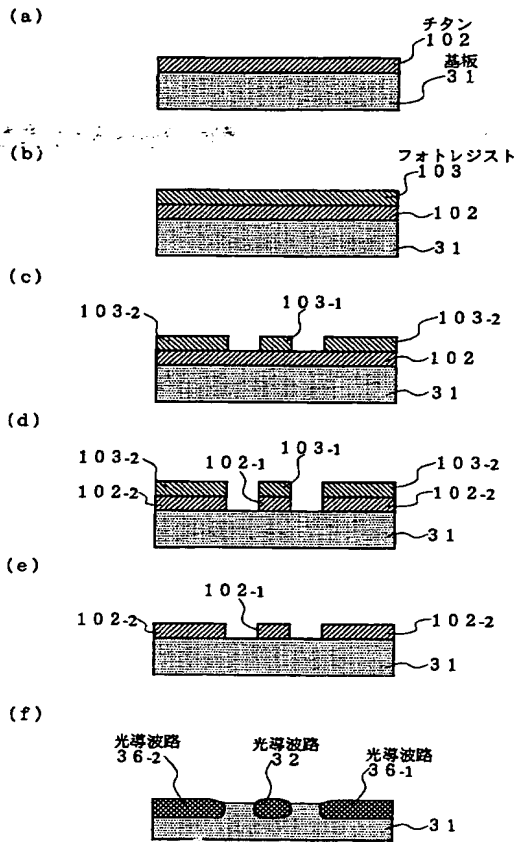
【図5】

マッハツェンダ型光変調器の入出力特性と動作点シフトとの関係



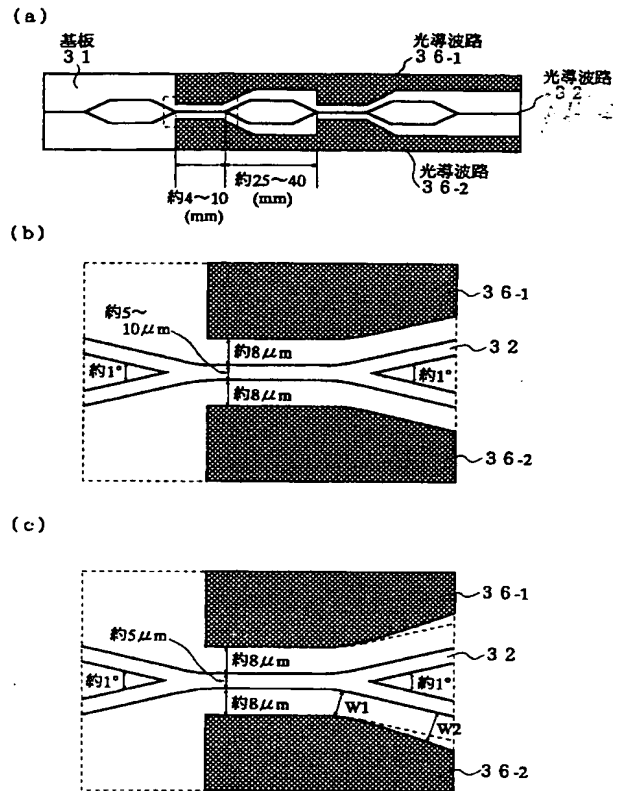
【図 6】

本実施形態の光変調器における光導波路の製造工程



【図 7】

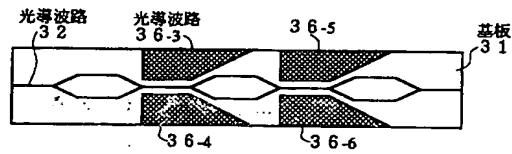
本発明にかかる光導波路の全体構成および Y 字状結合部 R2 から Y 字状分岐部 R1 までの部分拡大図



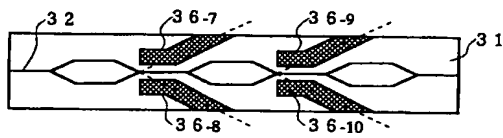
【図 8】

本発明にかかる光導波路の他のパターンの例

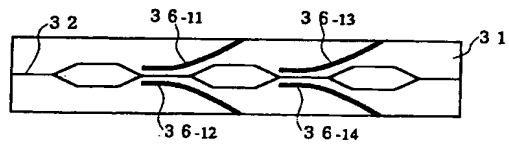
(a)



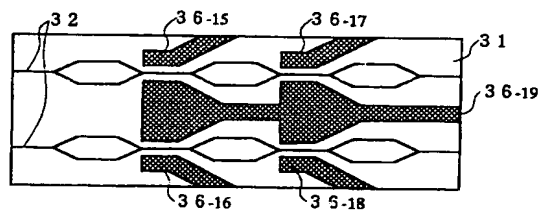
(b)



(c)



(d)



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H047 KA01 NA02 QA01 QA03 TA27
 2H079 AA02 AA12 BA01 CA05 DA03
 EA03 EA05 EB04 GA01